エティエンヌ・ベズー (Étienne Bézout,1730-83) にみるフランス砲兵将校への数学教育

但馬亨, 大阪大学他講師, torutajima@07.alumni.u-tokyo.ac.jp

2010年10月9日

1 序論

代数幾何学(Algebraic Geometry)の最重要基礎定理から，われわれはベズーの名前を一度ならずとも学んでいることは確かであろう．しかしながら，この重要定理以外に彼にまつわる数学史上の功績については，残念ながら彼の出身国であるフランスにおいてすらほとんど扱われていないのが実情である．後世のジョゼフ・フーリエ(Joseph Fourrier, 1768-1830)にとって最重要な数学指南書を書き，エコール・ポリテクニック成立時の主要教員に与えた影響を考えると，この彼についての乏しい数学史上の認識不全状態はいささか残念であるように思われる．[1]したがって拙論では主として，ベズーが貢献したフランス諸軍事学校時代の活動に注目して，数学教育者としての彼の貢献を理解してみたい．[2]

2 ベズーとその家系

エティエンヌ・ベズー(1730 − 1783)はフランス・ヌムール(Nemours)出身である．ヌムールとはパリからリオン方向に80キロ南下した位置に在するセンヌ・エ・マルヌ県(Seine-et-Marne)の寒村で，彼はオラトリオ会系教会学校による教育を受けて青年期を迎えている．そもそも，家系的にベズー家の人々は，彼の祖父の代からこの地域の行政官(Magistrate)を務めていた．行政官という表現は官職を表現するには広範な意味をもっているので，さらに正確に2ha，『科

[1] [DHOMBRES 1998], pp. 58-59.

[2] 先行研究としては，[VINOT 1883]があるが，これは19世紀中の書籍でかつ後述する彼の出身地における小規模な出版物のため，少なくとも日本国内では入手できず現地でも簡単に参照できなかった．それ以降ほとんど本格的な研究はない状態が続いていたが，近年，数学史家のL. Alfonsi氏がパリ大学にきわめて体系的な博士論文[ALFONSI 2005]を提出されている．

学者伝記辞典』([DSB])のベズーの項目を参照すると，"procureur aux bailliage et juridiction"とある．[3]ここにある，バイイ(bailli)とは，中世よりつづく地方派遣（北部，東部）の国王役人である．これはカロリング朝時代から存在するフランス南部・西部でのセネシャル(長老の意, sénéchal)にほぼ対応する官職である．この役職に就いたものは，地方における国王の権利（行政）を代表し，下級国王裁判機構（司法）を担い，また地方の治安維持（軍事）にあたった．すなわち，地域の行政・司法・軍事の要と呼ばれる官位であり，ベズー家の家系の誉の高さをそこから伺うことができる．

もっとも，一般的にフランス法制史上ではこのバイイの威光は16世紀以降実態を消失してしまい，地方自治の要職は代官(lieutenant)に移行するが，この時代でもベズー家の人々は治安判事・軽罪判事といった仕事を執り行っており，パリ以外の地域という条件もありこの地方行政を担っていた名士の地位をそのまま維持していたと考えられる．法務関係の専門をもちながら，数学研究にやがて方向を変化させるという点は，古くはデカルト，フェルマー等の数学研究を余暇に行うフランスの伝統的数学者の系譜の一つに属するといってもよいだろう．オイラー，ベルヌーイ家の諸人，ラグランジュなどによって，精密科学(exact science)が軒並み専門化・制度化し，大学教授や科学アカデミー内のポストで生計を立てる，いわゆる専門的職業数学者・科学者が次第に出現しはじめた当時としては，少々古風な17世紀的な職業的伝統に位置付けられる．

3 フランス王立科学アカデミーでの地位の獲得，1756年～

地域の名士としての将来が彼の周囲にはあったのだが，それとは異なる道を選んだことから数学者としての彼の未来が展開さらることになる．とりわけ大きな影響を与えたのが，先のレオンハルト・オイラー(Leonhard Euler, 1707-83)であろう．オイラーの諸著作を理解することは忠実にオイラーの計算過程をも辿る行為に他ならない．その結果後にベズーは傾倒するオイラー流の代数解析の流れを取得する．数学研究に本格的に足を踏み入れた始原にはオイラーがあり，まさに，有名なラプラスの言「オイラーを読め」("Lisez

[3][DSB] vol.1 p.111より．ただしDSBには官職表記に誤植がある．"baillage"とあるが，正しく"bailliage"である．

Euler.")の体現者の一人と言えよう.

さて,そのオイラーのいわば息子たちの一人であるベズーがアカデミーで最初に評価されたのは第一論文(1756)「力学上の諸問題について」("Sur quelques problèmes de dynamique")である.フランス科学アカデミー初提出のこの論文の査読に関わったのは,数理科学分野の中心的人物であり百科全書派の支柱でもあったダランベールとダルシー卿(chevalier d'Arcy)であった.論文は未完であり,残念ながらその原資料を取得することは不能であったので,力学に関する話題と推測されるだけで正確な理解には及ばないが,その内容については以下のようにアカデミーで評されている.以降ベズーは有用なアカデミー構成員として認知されることになる.[4]

> 当論文は,ベズー氏の学識と才能によりたいへん有益な思想を与えるものであり,われわれ[アカデミー]は彼を学者の列に組み入れられるのが十分妥当する人物だと評する.("Ce mémoire donne une idée très avantageuse du savoir et des talents de M. Bézout et nous croïons qu'il mérite d'être inséré dans le volume des Scavants", 1756年1月14日のアカデミー報告)

この論文評価を皮切りとして,次年である1757年には楕円積分に関連する論文を発表している.問題について概観しておきたい.

> 1757年論文:「それ自体では積分不能な微分量ではあるが,それらを同様の形式に結合させる場合には少なくとも積分可能になるような量について」("Sur les quantités differencielles qui n'était point integrables par elles-mêmes, le deviennent néanmoins quand on leur joint des quantités de même forme qu'elles", 1757)

証明される定理:ある楕円の長軸と短軸をそれぞれAa, Bb,その中心をCとおくとせよ.Ggは任意の径であり,Hhと(Cにおいて)交差しているとする.いま線分CHをCE=CAとなるように点Eまで延長し,CA上にこの楕円と点Fにおいて交わるように垂線EFOを降ろすならば,2つの円弧gbHFとGAFの差は,点Fと系Ggの端点(すなわち2・CR)の間に落ちる(含まれる).このとき,GRはその直径上の点Gから交点にむけて降ろした垂線のひとつである.

[4]なお,成立当初においてフランス科学アカデミー(Académie des sciences)は1666年の成立当初においては公式な団体ではなかったが,ルイ14世による直接認可が行われた1699年から1793年に国民公会(Convention nationale)のアンシャンレジーム下のアカデミー全廃に至るまで,王立の冠を戴き王立科学アカデミー(Académie royale des sciences)と称していた.正確にはベズーの活躍していた次期はすべて王立科学アカデミーと称されるべきであるが簡便のためにここではアカデミーとした.

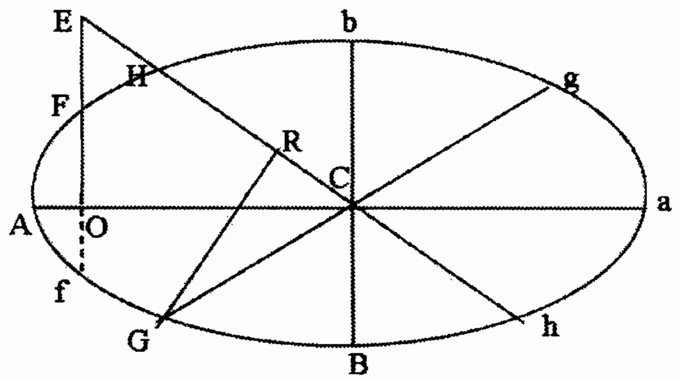


図 1: 1757年論文，[ALFONSI 2005], p. 38から.

楕円の弧で表される部分の微分は代数的には当然積分不可能であるが，この定理はこのような条件の二つの弧の「差」は代数的式で表現されることを示している．ベズーはこの定理の証明を代数的微分についての以下の定理の系として得ている．

> 量$gx^n\left(\dfrac{a+bx^m}{e+fx^m}\right)^r$は，$r=\dfrac{n}{m}$である場合は$Kx^{n-1}dx\left(\dfrac{a+bx^m}{e+fx^m}\right)^{r-1}$という形式の2種類の式に分割できる．

この論文の評価は非常に高いもので，ダランベールやクレローといった評価者の名前が記録に残っている．とくにクレローの評価は絶賛に近いものである．

> この論文は高等幾何学(haute Géométrie)と超越的解析学(Analyse transcendante)における際立った知識と慧眼をわれわれに与えるものであり，われわれはアカデミーがこの著者がこの問題について講義するに値するというこの好ましい判断に何も付加することはない．[5]

こうしてアカデミーにおいて賛美され，周囲の大数学者から好感触を得たベズーは，1768年に力学分野準会員(associé)となった．そして，1770年には年金会員(pensionnaire)に昇格している．年金会員とはアカデミーを構成する正規の二階層の下位区分にあたり，他方の上級階級は終身会員である．終身会員であり，確率論・社会数学等の研究で知られ，ダランベールの友人として

[5]1757年の2月16日のアカデミー論文査読報告．[ALFONSI 2005], p.39.

も当時優勢であったコンドルセからも高い研究者としての評価を得ていたことが知られている.[6]. ベズーのアカデミーへの登用と数学者としての活躍は，こうして青年期において比較的順調に幕を開けたのだった.

4 海軍士官学校 試験官時代 1763-1768

こうしてアカデミー会員に名を連ねた後に，海軍士官候補生(des gardes de la Marine)の養成校の試験官(教官の意，examinateur)に1763年に任用される．この奉職は，子息の誕生から家計を維持するための十分な俸給を得られる公職を求めていた事情が関係していたとされる．また，有力な政治家であったエティエンヌ・ショワズール公爵(Duc de Étienne François, 1719-85)によっての任命は，高等数学に通暁し延いては国家に有益な海軍士官を育成するために必要な数学の教科書を作成するという意図に基づいたものであった．

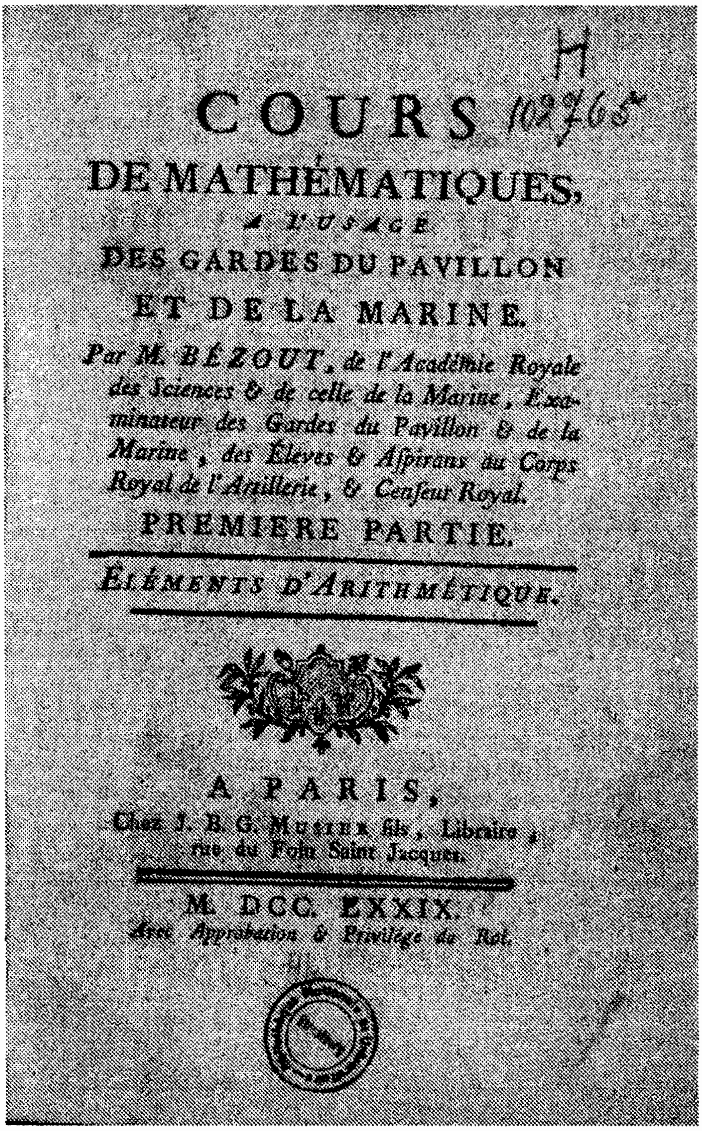
革命以前の18世紀中からもフランスは伝統的に強力な陸軍を所有する国として広く知られている．しかし同時期にピエール・アンドレ・ド・シュフラン(Pierre André de Suffren de Saint Tropez, 1729-88) のように，海軍国家として名を馳せていた英国と対等に伍するほどに争い，インド洋等の地域で激しい争いを展開していたことは比較的見逃されやすい事実である．シュフランは18世紀フランス海軍の代表的逸材であり, ベズーの薫陶を受ける世代からは一回りほど離れていたが，おそらくショワズール公爵には，シュフラン等新世代のフランス海軍の成功を受け, 海軍を評価の確立した陸軍並にする，つまりは植民地戦争で激しいライヴァル関係にある英国に十分対抗出来るものにするという大目的があり, ここから軍関係者への数学教育の必要性が明確に意識されたのであろう.

さてベズーのその数学教育上の名声は，この任官の後に展開される4巻構成の著作『海軍士官候補生に向けた数学教程』(*Cours de mathématiques à l'usage des Gardes du Pavillon et de la Marine*, 1764-67, 図 2 参照)を嚆矢とされる．[7]

この著作の構成は異なる内容の六巻(volume), 五部(partie)で構成されている．四部と五部は静力学，動力学，および航海法についての記述であるが，前半の三部は以下の表題がついている．

[6] [DSB] vol.1, p.111.

[7] *Pavillon* という語は，もともと語源としてラテン語の *pāpiliō* に帰着することができる．布切れもしくはそれらがはためく様から天蓋の意に転じて野営用のテントや別荘，あずま屋などの意に転じているが，これとは別にこの語源から他の意味に転じており, 海上でははためく布から軍旗やひいては海の軍事勢力を意味することにもなった．ここでは *Marine* とほぼ同義だと考えるので海軍と表現している．



COURS
DE MATHÉMATIQUES,
A L'USAGE
DES GARDES DU PAVILLON
ET DE LA MARINE.

Par M. BÉZOUT, *de l'Académie Royale des Sciences & de celle de la Marine, Examinateur des Gardes du Pavillon & de la Marine, des Éleves & Aspirans au Corps Royal de l'Artillerie, & Censeur Royal.*

PREMIERE PARTIE.

ÉLÉMENTS D'ARITHMÉTIQUE.

A PARIS,
Chez J. B. G. MUSIER fils, Libraire, rue du Foin Saint Jacques.

M. DCC. LXXIX.
Avec Approbation & Privilége du Roi.

図2: 『海軍士官候補生に向けた数学教程』(ストラスブール大学図書館所蔵)

第一部：算術原論(Élémen(t)s d'arithmétique, 1764)

第二部:幾何学原論，平面三角法，球面三角法(Élémen(t)s de Géométrie, la Trigonométrie rectiligne et la Trigonométrie sphérique, 1765)

第三部:代数学とその知識の算術ないしは幾何学への応用(Algèbre et application de cette science à l'Arithmétique et la Géométrie, 1766)

ここから理解できることは，ベズーの教科書執筆の特徴が代数学より先に幾何学の習得を優先するという点である．この方針を彼がとった理由を何故であろうか．これは明確にデカルト的代数学偏重への反抗として捉えられる．デカルト，ライプニッツ以降，フランスの代数解析学の伝統で数学そのものの初学者が代数学的証明法を早々に学んでしまうがために，彼らが得てして論理性に親しむことが等閑になる傾向があった．しかし，このことは教育者ベズーにとって是とは見做されなかった．したがって，これを防止するために基礎的な数学における論証の重視を幾何学を通じて行わせたのであった．無論，数の概念を把握させる必要があるので第一部ではまず，算術の学習を行うがこれは当然代数学そのものではなく，幾何学と算術双方により数学全体は基礎づけられるべきだという思想が採られている．この点は興味深い示唆を与えるだろう．なぜなら，当時の大陸側の数学者の取る態度というよりも，英国の伝統にむしろ近い印象を与え，大陸と英国の乖離が甚だしい当時においてはひとつの興味深いアノマリーとして認識されるからである．また逆に，公理，定理，スコリウムといった数学特有の概念を多用して，初学者を脱落させることを避けたので，この点について数学書としての厳密性を欠くとして伝統的数学者から諸々の批判を浴びた．

5　砲兵学校　試験官時代，1768年～1783年

ベズーの職業上の重要な転機は1768年に訪れる．この転機についてよりよく理解するためには，彼に重要な影響を海軍士官学校時代から与え続けた一人の上司の存在を知る必要があるだろう．それは，海軍士官候補養成学校時代からの上司であり，後の砲兵学校に先立って所属していた数学者シャルル・エティエンヌ・ルイ・カミュ(Charles Étienne Louis Camus, 1699-1768)の存在である．彼は1768年に死去したので，ベズーは同年試験官の座を引き継いでいる．この砲兵学校時代の1770年から82年にかけて，彼が書き上げたのが，海軍士官学

校時代の前著作を凌駕する体系的著作である『海軍ならびに弾道学にむけた完全数学教程』(*Cours complet de mathématiques à l'usage de la marine et de l'artillerie*) 全六巻である．

すでに前節で述べたが，ベズーの著作の傾向として厳密な議論を通底させないスタイルの記述は多々見られ，それは批判の対象ともなった．しかしながら，この方針は数学を諸科学の道具として使用しなければいけない人々，すなわち砲兵将校のような国家的育成を必要とする人材には完全に的を得たものであった．砲兵学校に限らず，たとえばポリテクニックの入学希望者も将来陸軍関連の職につくので，彼らにも大きな関心を呼んでいる．こうしてベズーの第二代目のテキストは広くフランス国内で普及したが，この反響はさらに国内にとどまらなかった．当時の新興国であるアメリカの技術者教育に19世紀初頭の英語への訳出によって大きな影響を与えた．17世紀前半の1636年に設立されたハーヴァード大学でも，数学者ジョン・ファラー(John Farrar, 1779-1853)によってこのテキストが使用された記録が残っている．[8]

こうして，教育活動に同校時代，エネルギーの多くを注いだベズーであったが，研究はその間隙を縫うように行われざるを得なかった．消去法や行列式，連立方程式論の業績が現在でもベズーの貢献として知られるが，それらは専らこの時期に完成されている．代表作である『代数方程式の一般理論』(*Théorie générale des équations algébriques*, 1779) もこの時期の作品である．[9]

このような研究は存在しているものの，たとえばアカデミーに積極的に関わっていた時期と比較すると，この二校の教員時代にはベズーは教育活動に精神的，肉体的にも大きな負担を強いられていたというのが事実である．その結果として，研究活動の大きな飛躍や研究領域の拡充といったものは残念ながら展開されなかった．しかしながら，この限定された条件下でも青年期から代数学の研究に取り組むうえで，新しい分野の研究に踏み出すわけではなく，戦略として彼独自の貢献がより望める方程式論に意識的に活動の場を限定した．このことは功を奏し，これまでの研究を体系化した『一般理論』が結実するのである．数学者としてはいわば円熟期の活動であった．

それでは，この教育活動が数学研究の営為に与えた影響は存在したのだ

---

[8] [DSB], vol.1, p. 112.

[9] もっとも，方程式論の研究については，海軍士官学校所属から間もない時期からも取り組まれていて，示すべき重要な論文を時系列順に二本記しておく.「未知数消去のための終結方程式の次数について」("Sur le degré des équations résultantes de l'évanouissement des inconnues") dans *Mémoires de l'Académie royale des sciences* (1764), pp. 288-338;「すべての次数の方程式の解法について」("Sur la résolution des équationsde tous les degrés") *ibid.* (1765) pp. 533-552.

ろうか．本論文の趣旨とは異なり，さらにはより明示的に示すには更なる調査が必要であるのでここでは深く言及できないが，ベズーが好んで用いた手法は，煩雑で一般的な事象をそのまま扱うのではなく，限定した条件のもとで問題を考察するというものだった．連立方程式系の複数の未知数の処理について，この方法は効果的であったとされる．そもそも，消去法についての議論は，先立つ世紀においてはライプニッツ(G.W. Leibniz, 1646-1716)，18世紀前半においてはオイラーやクラメール(Gabriel Cramer, 1704-1752)などに集中的な研究が存在するが，18世紀中葉以降で体系的な議論を展開したのは，最晩年まで研究に打ち込んだオイラーを別にすればベズーがその筆頭である．その消去法の研究で，当時はあまり一般的ではない解条件の限定からの一般化という手法を多用したのはベズーの研究の重要な特徴である．[10]総じて，教育に完全に忙殺され，研究を完全に等閑にした控えめな数学者の姿を，1779年の大著作からは単純に帰結できない．

6 前世代の著作との構成比較

ここで教科書の記述のスタイルについて具体的に見てみたい．前述したように，カミュの影響は大きなものであったが，ベズーは算術の教科書ひとつを参照しても前世代の教科書の構成とは明確に異なった個性を発揮している．その痕跡を前世代の教科書の代表としてカミュの著作である『数学教程・第一部算術』[11]と比較して考察してみよう．

まずカミュ著作の分数の項目は次頁の図3の構成になっている．

このように，定義や系，問題の区分がなされた後に記述がなされる．「考察」(Remarque)という表現など，記述のスタイルはかなり古典的なものである．しかし，その古典性は喩えて言うならば，算術版のユークリッド『原論』そのものというよりも，中世やアラビアを経たクラヴィウスによる膨大な注釈付きの『原論』のようなものであり，クラヴィウス版『原論』と同じく用意には完遂し得ない量を備えたものである．

これに比して，ベズーの1810年には五版，1821年には九版を重ねることになる普及書『海軍および砲兵にむけての算術概論』(次々頁を参照)については，カミュ著作のような詳細な定理，問題，スコリウム等の詳細な区分は一

[10][DSB], vol. 1, pp. 112-114.

[11]*Cours de mathématique. 1ère partie. Élémen(t)s d'arithmétique*, 1749. ただし，引用は1753年出版の新版をフランス国立図書館のGallicaサーヴィスを利用して取り寄せたもの．

TABLE. 467

LIVRE III.

Des Fractions.

CHAPITRE I. *Des Fractions en général & de leur réduction.* 121

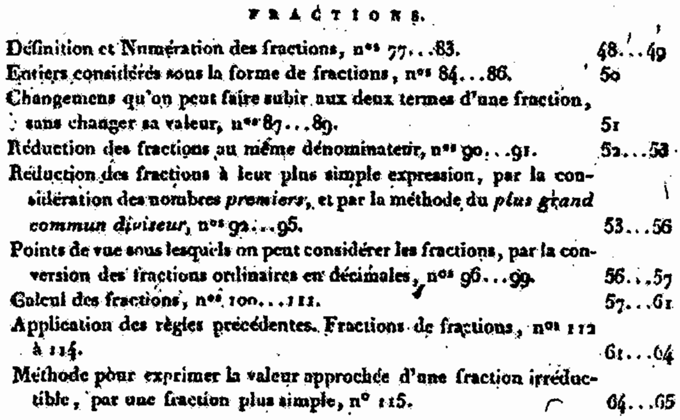
CHAPITRE II. *De l'Addition & de la Soustraction des Fractions.* 134

CHAPITRE III. *De la Multiplication & de la Division des Fractions.* 136

Gg ij

図 3: 『数学教程・第一部算術原論』分数部分

切見られない．[12]形式として残されているのは，冒頭の一行にある“Définition et Numération des fractions”の記述のみであり，残りは分数の計算に習熟するように具体的な問題演習が記載されている．分量的にも注釈集のように膨大な派生問題を含有していないので，適切な努力で習熟することは可能であっただろうと推測される．



FRACTIONS.

Définition et Numération des fractions, n°s 77...83.	48...49
Entiers considérés sous la forme de fractions, n°s 84...86.	50
Changemens qu'on peut faire subir aux deux termes d'une fraction, sans changer sa valeur, n°s 87...89.	51
Réduction des fractions au *même dénominateur*, n°s 90...91.	52...53
Réduction des fractions à leur plus simple expression, par la considération des nombres *premiers*, et par la méthode du *plus grand commun diviseur*, n°s 92...95.	53...56
Points de vue sous lesquels on peut considérer les fractions, par la conversion des fractions ordinaires en décimales, n°s 96...99.	56...57
Calcul des fractions, n°s 100...111.	57...61
Application des règles précédentes. Fractions de fractions, n°s 112 à 114.	61...64
Méthode pour exprimer la valeur approchée d'une fraction irréductible, par une fraction plus simple, n° 115.	64...65

図4: 『海軍および砲兵にむけての算術概論』分数部分

まとめると，前者と後者はその記述の構成という点では相違が大きい．もう一つ指摘したい興味深い事項は，ベズーの同著作の一頁目の表題にも表れている．“ARITHMÉTIQUE A L'USAGE DE LA MARINE ET DU **COMMERCE**”という挿入された題目がそれである．このCOMMERCEという言葉の導入は唐突という他はないが，これは著作が単に軍用として有益な数学書としての価値をもつものではなく，商業算術においても有効である旨を示すために加えられたものだと想定される．読者はけっして軍人にのみ限定される訳ではなく，広く民間の商人も読むべきだという，正式な表題には載せられないベズーの隠れた意図がここには埋めこまれており，これこそが19世紀においても継続して広く読まれた原因となったのではなかろうか．

[12] *Traité d'arithmétique à l'usage de la marine et de l'artillerie avec des notes et des tables de logarithmes*，出版年は不明であり，今回は入手可能な九版を引用した．

7 総括と展望

ここまでエティエンヌ・ベズーという比較的耳目を集めない数学者の数学教育者としての活動を振り返ってきた．ベズーを数学史的に定立するならば，以下の二つの総括と展望で集約してみたい．

ひとつは，中堅のアカデミー所属数学者というよりも，むしろ優れた教科書執筆者としての重要性である．フランス革命以降，とりわけ19世紀を迎えてから数理物理学者はその多数がかつての研究の中心であったアカデミーを離れて，エコール・ポリテクニックから「量産」されるという「制度」が誕生する．しかし，その直前の段階として初期のポリテクニシャンに薫陶を与えたフーリエ等，重要な第一世代目の数学者にとって，ベズーは良質な教科書執筆者としての役割を果たしていた．これについては本論で述べるまでもなく，すでに[DHOMBRES 1998]のような先行研究があるが，問題はそれのみではない．九版もの版を重ねた普及書が示すように，軍人やポリテクニシャンを目指す若者だけではなく，商人のように数学を身につけたい民間の一般人のための数学書を産み出す執筆者としてもベズーは定立されるのである．

さて，いまひとつ残された展望とは，数学教育と数学研究そのものの相互作用の問題である．再びポリテクニックの範を強調するが，19世紀の偉大な解析革命がコーシー(Augustin Louis Cauchy, 1789-1857)が講義用のテキストとして整備した『解析教程』(*Cours d'analyse*, 1821)に起源を有した．このように，数学という厳密科学の極みにある学問においても，教育研究機関の新設とそこで教授される知識の受容・伝播を議論すること，すなわち科学史の言葉で表現するならば制度史の観点から考えることは，数学の内的な展開を考える上でも不可避であろう．

この重要性は数学研究が高度に組織化する19世紀直前である，まさにこのベズーの活躍した次期においても，深くその芽生えを見出すことができ，18世紀の数学をアカデミーの範疇のみで捉える通説的見地に批判と新理解を与える．換言するならば，数学教育の数学への影響を理解するためには，コーシーの例だけでなく教育機関の新設または教育の制度化の黎明期であるこの18世紀中葉に，より多くの適切な焦点を合わせることで，数学教育と数学の新たな相互関係が見いだせるのではなかろうか．ベズーの研究はこの意味で興味深い材料を提供する．

参考文献:

[DSB] *Dictionary of Scientific Biography* (New York, 1970-1990).

[ALFONSI 2005] ALFONSI, Liliane *Étienne Bézout(1730-1783): mathématicien, acad'emicien et professeur au siècle des Lumières*, Thése de Doctorat de l'Université Paris 6, soutenue le 9 décembre 2005.

[DHOMBRES 1998] DHOMBRES, Jean *Joseph Fourier 1768-1830 - Créateur De La Physique-Mathématique* (Paris, 1998).

[VINOT 1883] Vinot, J. *Bézout. Sa vie et ses oeuvres* (Nemours, 1883).